

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCUREȘTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

LABORATORUL DE TERMODINAMICA SI FIZICA STATISTICA

BN 121

**STUDIUL POLARIZĂRII LUMINII
CU UN DISPOZITIV PREVĂZUT
CU LAMĂ SFERT DE UNDĂ**

STUDIUL POLARIZĂRII LUMINII CU UN DISPOZITIV PREVĂZUT CU LAMĂ SFERT DE UNDĂ

1. Principiul lucrării

Lumina monocromatică linear polarizată incidentă pe o lamă birefringentă perpendicular pe axa optică a acesteia este divizată în două fascicule, numite rază extraordinară și rază ordinară. Pentru o lamă cu grosimea $\lambda/4$, diferența de fază dintre cele 2 raze emergente este $\pi/2$, starea de polarizare a luminii emergente depinzând de unghiul ϕ dintre direcția de polarizare a luminii incidente și axa optică a lamei.

În lucrare se investighează starea de polarizare a luminii emergente din lamă pentru diferite valori ale lui ϕ cu ajutorul unui analizor care este rotit față de axa optică a lamei cu un increment de 10° pe domeniul $[-90^\circ, +90^\circ]$.

2. Montajul experimental

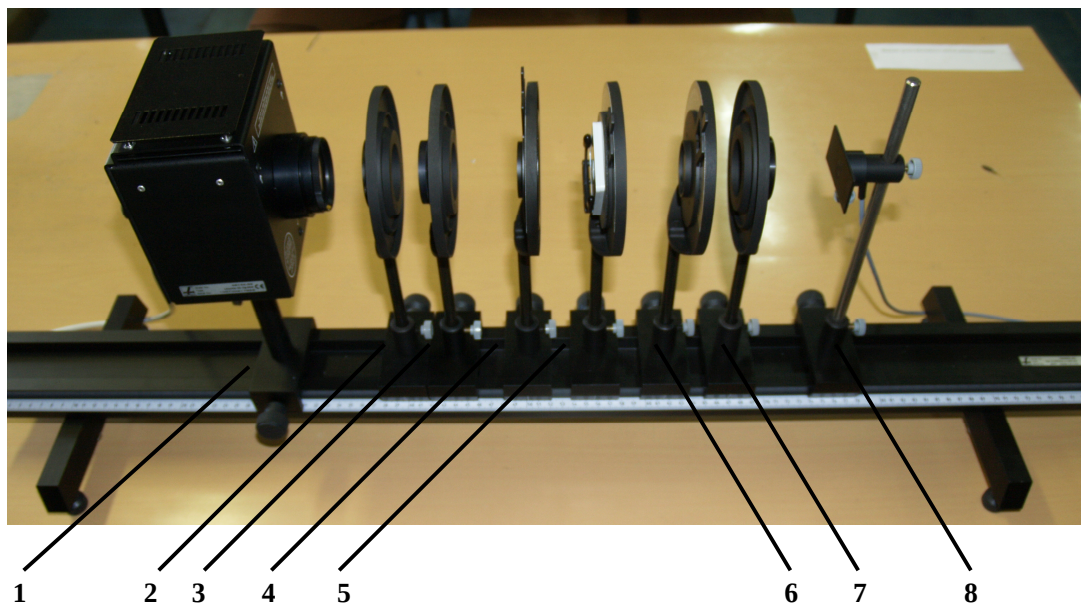


Fig. 1

Pe bancul optic sunt poziționale, de la stânga la dreapta, următoarele dispozitive (componente):

1. - lampa cu vapori de mercur, prevăzută cu o lentilă condensoare cu $f = 60\text{ mm}$;
2. - un suport pe care este montată diafragma de tip iris;
3. - un suport pe care este montat filtrul interferențial;
4. - un suport pe care este montat polarizorul;
5. - un suport pe care este montată lama sfert de undă;
6. - un suport pe care este montată o lentilă cu $f = 100\text{ mm}$;
7. - un suport pe care este plasat analizorul;
8. - un suport pe care este plasată fotocelula.

Analizorul, lama sfert de undă și polarizorul pot fi rotite pe intervalul $[-90^\circ, +90^\circ]$ cu un increment de 10° .

Pe masa de lucru se mai află sursa pentru alimentarea lămpii cu vapori de mercur, un amplificator și un multimetru digital. Toate conexiunile sunt realizate cu cabluri standard.

3. Teoria lucrării

Lumina care se propagă de-a lungul axei optice a unui cristal birefringent are aceeași viteză, v_o , indiferent de orientarea planului său de polarizare:

$$v_o = \frac{c}{n_o} \quad (1)$$

unde n_o este indicele de refracție ordinar al materialului birefringent (în cazul de față un cristal de mică).

Dacă se lucrează cu lumină linear polarizată, care se propagă perpendicular pe axa optică a cristalului birefringent, viteza de propagare a luminii este v_o dacă direcția de polarizare este perpendiculară pe axa optică și v_e dacă direcția de polarizare a luminii coincide cu axa optică a cristalului:

$$v_e = \frac{c}{n_e} \quad (2)$$

unde n_e este indicele de refracție extraordinar al cristalului birefringent, $n_e \neq n_o$ ($\vec{E}_2$ paralel cu axa optică, Fig. 2).

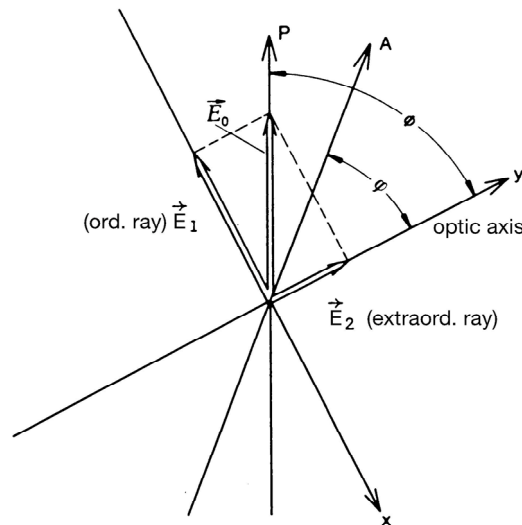


Fig. 2.

În Fig. 2, E_0 este amplitudinea câmpului electric emergent din polarizor, ϕ este unghiul dintre direcția de polarizare P a polarizorului și axa optică a cristalului iar ϕ este unghiul dintre direcția de polarizare a unei emergente din analizor și axa optică a lamei.

Din figură se observă că amplitudinile razei ordinare și extraordinare sunt:

$$\begin{aligned} E_1 &= E_0 \sin \phi \\ E_2 &= E_0 \cos \phi \end{aligned} \quad (3)$$

iar componentele câmpului electric pe cele 2 axe ortogonale (ordinară și extraordinară) sunt în fază la intrarea în lamă:

$$E_1' = E_0 \sin \phi \sin \omega t$$

$$E_2' = E_0 \cos \phi \sin \omega t.$$
(4)

Lama sfert de undă introduce între unda ordinară și unda extraordinară o diferență de drum de $\lambda/4$, adică un defazaj $\pi/2$, ceea ce face ca la ieșirea din lamă lumina să aibă componentele:

$$E_x = E_0 \sin \phi \sin \omega t$$

$$E_y = E_0 \cos \phi \cos \omega t.$$
(5)

Pentru unghiurile $\phi = 0$ și $\phi = 90^\circ$, lumina este plan polarizată, de intensitate:

$$I = I_0 \sim E_0^2.$$
(6)

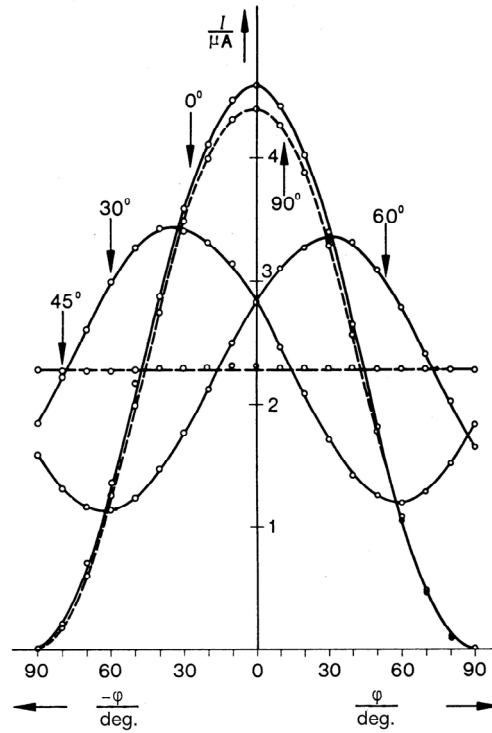


Fig. 3.

Pentru $\phi = 45^\circ$, $\sin \phi = \cos \phi = \sqrt{2}/2$, amplitudinea câmpului electric este $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}$, lumina emergentă din lamă fiind circular polarizată și de intensitate:

$$I = \frac{I_0}{2} \sim \frac{E_0^2}{2}.$$
(7)

Intensitatea luminii transmise de analizor în acest caz este independentă de unghiul ϕ (Fig. 3).

Pentru orice altă valoare a lui ϕ decât $0, 45^\circ$ și 90° lumina este eliptic polarizată, vârful vectorului electric $\vec{E}$ descriind o elipsă cu semi-axe:

$$E_a = E_0 \sin \phi \quad (\text{pe axa } x) \quad (8)$$

$$E_b = E_0 \cos \phi. \quad (\text{pe axa } y)$$

Intensitatea luminii transmise de analizor pe cele 2 semiaxe este:

$$I_a = E_0^2 \sin^2 \phi \quad (9)$$

$$I_b = E_0^2 \cos^2 \phi$$

ceea ce face ca pentru un unghi oarecare ϕ între analizor și axa optică a lamei să avem:

$$I \sim E_0^2 \cos^2 \phi \cos^2 \phi + E_0^2 \sin^2 \phi \sin^2 \phi. \quad (10)$$

4. Modul de lucru

- Se reglează lampa, diafragma, lentila și detectorul pentru a colima fasciculul și a-l alinia paralel cu bancul optic și centra pe detector.
- Se introduce filtrul, polarizorul și analizorul, care trebuie să fie centrate pe fascicul.
- Se fixează polarizorul pe diviziunea 0° și se rotește analizorul pentru a se obține minimul de transmisie (semnal minim pe detector).
- Se introduce lama sfert de undă, se centrează pe fascicul și se rotește până ce se obține iarăși minimul de intensitate pe detector (aceasta corespunde la un unghi de 0° sau 90° între axa polarizorului și axa optică a lamei $\lambda/4$).
- Pentru rezistorul conectat în paralel la intrarea amplificatorului, se alege $R = 10^4 \Omega$, amplificarea se alege 10^2 și constanta de timp 0,3.

Tensiunea corespunzătoare curentului debitat de fotocelulă se măsoară pe scala de 2V a multimetrului digital.

Măsurătorile se fac pentru unghiurile $\phi = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$, pentru fiecare din acestea rotindu-se analizorul între pozițiile -90° și $+90^\circ$, cu un increment de 10° .

Apoi se scoate lama $\lambda/4$ și se repetă măsurătorile rotind analizorul din 10° în 10° pentru a varia unghiul θ între polarizor și analizor de la -90° până la $+90^\circ$.

5. Prelucrarea datelor

- ✓ Se reprezintă grafic $I = I(\theta)$ și se verifică că această dependență este dată de legea Malus: $I = I \cos^2 \theta$.
- ✓ Se reprezintă grafic $I = I(\phi)$ pentru valorile $\phi = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$. Se analizează starea de polarizare a luminii comparând graficele obținute cu cele teoretice (Fig. 3).